

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Magisterský studijní program:

strojírenská technologie

Zaměření:

obrábění a montáž

**RACIONALIZACE OBRÁBĚNÍ ŘETĚZOVÝCH ČLÁNKŮ DO NÁSTROJOVÝCH ZÁSOBNÍKŮ
OBRÁBĚCÍCH STROJŮ VE FIRMĚ KOVO DĚČÍN S.R.O.**

THE RATIONALISATION OF THE MACHINING CHAIN ELEMENTS FOR THE TOOLSTACKS IN
CUTTING MACHINES PRODUCED IN KOVO DĚČÍN S.R.O.

KOM

Pavel Doležal

Vedoucí:

Doc. Ing. Karel Dušák, CSc.

Konzultant:

Ing. Ladislav Bureš (KOVO Děčín spol. s r.o.)

Počet stran:59

Počet příloh a tabulek:1

Počet obrázků:36

Počet modelů nebo jiných příloh: ..1

Datum: 3. ledna 2008

**RACIONALIZACE OBRÁBĚNÍ ŘETĚZOVÝCH ČLÁNKŮ DO NÁSTROJOVÝCH ZÁSOBNÍKŮ
OBRÁBĚCÍCH STROJŮ VE FIRMĚ KOVO DĚČÍN SPOL. S R.O.**

ANOTACE:

Diplomová práce se zabývá analýzou stávajícího způsobu výroby řetězového článku, který je jedním z hlavních konstrukčních prvků řetězového zásobníku nástrojů. Dále návrhem na zefektivnění a zproduktivnění výroby za účelem snížení nákladů na výrobu, a to zejména návrhem nového pracoviště, nových nástrojů a úpravou stávajících, výběrem vhodné varianty upínání a návrhem konkrétního upínače.

**THE RATIONALISATION OF THE MACHINING CHAIN ELEMENTS FOR THE TOOLSTACKS IN
CUTTING MACHINES PRODUCED IN KOVO DĚČÍN SPOL. S R.O.**

ANNOTATION:

The dissertaion is focused on the analyse of a actual production of chain elements. The chain element is one of the main parts in the toolstack. Next it contains a proposal for more efficient and productive way of production because of production cost shortening. In is based on a proposal of a new workplace, new tools and changes in old ones, on a choice of way of clamping and a proposal for a special fixture.

Klíčová slova: OBRÁBĚNÍ, CNC OBRÁBĚCÍ CENTRUM, UPÍNÁNÍ, DUOPRACOVIŠTĚ

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2008

Archivní označení zprávy:

Počet stran: 59

Počet příloh: 1

Počet obrázků: 36

Počet tabulek: 15

Počet diagramů: -

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího a konzultanta.

V Liberci, 3. ledna 2008

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Doc. Ing. Karlovi Dušákovi, Csc. a pracovníkům firmy KOVO Děčín spol. s r.o., zejména konzultantovi Ing. Ladislavu Burešovi a jednateři společnosti Pavlu Burešovi za cenné informace, podněty a připomínky, které mi poskytli během zpracování diplomové práce.

Obsah

1	ÚVOD.....	8
1.1	HISTORIE FIRMY	8
1.2	VÝROBNÍ PROGRAM	9
1.3	BUDOUCNOST SPOLEČNOSTI KOVO DĚČÍN SPOL. S R.O.....	10
2	STÁVAJÍCÍ PROCES OBRÁBĚNÍ ŘETĚZOVÝCH ČLÁNKŮ	11
2.1	POLOTOVAR A JEHO CHARAKTERISTIKA	11
2.2	CHARAKTERISTIKA STÁVAJÍCÍHO VÝROBNÍHO PROCESU OBRÁBĚNÍ ŘETĚZOVÝCH ČLÁNKŮ 12	
2.3	FRÉZOVACÍ CENTRUM MCV 750 QUICK A MCV 1000 QUICK	12
2.4	TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ ŘETĚZOVÝCH ČLÁNKŮ NA STROJI MCV 750 QUICK A MCV 1000 QUICK.....	15
2.4.1	<i>Technologie obrábění řetězového článku v první operaci.....</i>	<i>15</i>
2.4.2	<i>Technologie obrábění řetězového článku v druhé operaci.....</i>	<i>21</i>
2.4.3	<i>Celkový čas obrábění řetězového článku.....</i>	<i>26</i>
2.5	PROBLÉMY A NEVÝHODY SOUČASNÉHO ŘEŠENÍ OBRÁBĚNÍ ŘETĚZOVÝCH ČLÁNKŮ	26
3	NÁVRH NOVÉHO ŘEŠENÍ PROCESU OBRÁBĚNÍ ŘETĚZOVÝCH ČLÁNKŮ	28
3.1	OBLASTI MOŽNÉHO ZPRODUKTIVNĚNÍ VÝROBY A SNÍŽENÍ NÁKLADŮ.....	28
3.1.1	<i>Obrábění řetězového článku na jiném pracovišti</i>	<i>28</i>
3.1.2	<i>Použití produktivnějších metod obrábění</i>	<i>29</i>
3.1.3	<i>Minimalizace upínacích a seřizovacích časů.....</i>	<i>30</i>
3.2	FRÉZOVACÍ CENTRUM AXA VSC 1-M.....	30
3.3	NÁVRH ŘEŠENÍ OBRÁBĚNÍ ŘETĚZOVÝCH ČLÁNKŮ	32
3.3.1	<i>Úprava a návrh obráběcích nástrojů.....</i>	<i>32</i>
3.3.2	<i>Návrh systému upínání</i>	<i>36</i>
3.3.3	<i>Výběr systému upínání.....</i>	<i>40</i>
3.3.4	<i>Upínače Chick</i>	<i>41</i>
3.3.5	<i>Upínač Chick 1550</i>	<i>44</i>
3.3.6	<i>Konstrukce upínacích prvků pro duální upínače Chick.....</i>	<i>46</i>
3.3.7	<i>Dispoziční uspořádání upínacích přípravků v pracovním prostoru stroje</i>	<i>48</i>
3.4	TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ ŘETĚZOVÝCH ČLÁNKŮ	51
3.4.1	<i>Technologický postup v první operaci.....</i>	<i>51</i>
3.4.2	<i>Použité nástroje</i>	<i>52</i>
3.4.3	<i>Celkový čas obrábění řetězového článku v první operaci.....</i>	<i>53</i>
3.4.4	<i>Technologický postup v druhé operaci</i>	<i>53</i>
3.4.5	<i>Použité nástroje</i>	<i>54</i>
3.4.6	<i>Celkový čas obrábění řetězového článku ve druhé operaci.....</i>	<i>54</i>

3.4.7	<i>Celkový čas obrábění řetězového článku.....</i>	54
4	EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ NOVÉHO NÁVRHU SE STÁVAJÍCÍM ŘEŠENÍM..	55
4.1	ČASOVÉ ÚSPORY	55
4.2	EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ.....	56
4.3	ZÁVĚR.....	57

1 Úvod

Zadaná úloha spočívá v zefektivnění výroby řetězového článku. Řetězový článek je jedním ze základních prvků řetězových zásobníků nástrojů obráběcích strojů. Ve výrobním programu firmy KOVO Děčín spol. s r.o. je již čtvrtým rokem, a zejména v posledních dvou letech, radikálně stoupá množství počtu kusů. Toto je hlavní důvod pro požadavek na zefektivnění a zproduktivnění výroby.

Společnost KOVO Děčín spol. s r.o. se zabývá především zakázkovým obráběním dílců, spíše v kusových, menších a středních sériích. Proto je potřeba vybrat novou technologii s ohledem na stávající charakter výroby. Tím se rozumí pokud možno nejuniverzálnější technologie, která v případě potřeby bude vhodná jak pro velké série, tak pro kusovou výrobu.

1.1 Historie firmy

Společnost KOVO Děčín spol. s r.o. byla zapsána do obchodního rejstříku 16.11.1999. KOVO Děčín spol. s r.o. se zabývá kovoobráběním a výrobou nástrojařského charakteru. V roce 2000 měla společnost 8 zaměstnanců, během čtyř let stoupl počet zaměstnanců na 31. V současnosti zaměstnává společnost 47 zaměstnanců (evidenční stav k 20.12.2007).

Prudce nastartovaný rozvoj společnosti zabrzdily v roce 2002 povodně, které měly pro firmu velmi negativní dopad. Veškeré výrobní prostory a technologie byly zatopeny a jen náklady na opravy dosáhly téměř dvou milionů korun. Z důvodů velmi dobrých vztahů s klíčovými zákazníky, kteří si cenili dobré spolupráce, mohly být domluveny posuny v termínech pro dodání a firma o své odběratele nepřišla.

V roce 2004 byl do společnosti zaveden systém řízení výroby, jehož úkolem je dbát na dodržování vysoké produktivity a kvality výroby dle **ČSN ISO 9001:2001**.

V roce 2005 byly zahájeny investice do zařízení moderní nástrojárny, která se specializuje především na výrobu forem pro vstřikování, vyfukování a lisování plastů a montážních přípravků.

KOVO Děčín spol. s r.o. stále investuje do nových strojů a technologií, což vede k neustálému rozšiřování jejích služeb a upevňování pozice na trhu.

1.2 Výrobní program

Společnost KOVO Děčín spol. s r.o. se zabývá především:

- třískovým obráběním kovů
- výrobou strojních součástí na zakázku dle výkresové dokumentace, nebo dodaného vzoru. V současné době převládá výroba součástí do obráběcích strojů
- v posledních dvou letech rozšířila svou činnost o výrobu nástrojařského charakteru, především výrobu forem a montážních přípravků



Obr. 1. Výrobky KOVO Děčín spol. s r.o.

Jde tedy především o:

- kovoobrábění
- výroba dílů na zakázku
- malo a středně sériová výroba
- CNC 3D frézování s podporou CAD/CAM
- CNC soustružení
- EDM hloubení
- 3D měření
- výroba forem pro vstřikování, vyfukování a lisování plastů
- výroba střížných nástrojů
- výroba montážních, lisovacích, mazacích a jiných přípravků

1.3 Budoucnost společnosti KOVO Děčín spol. s r.o.

Společnost se snaží již dlouhodoběji dosáhnout stanoveného cíle, jímž je přivést na trh vlastní produkt – příslušenství k obráběcím strojům.

Konkrétní cíle společnosti, kterých chce dosáhnout **v horizontu tří let**, jsou:

- výstavba nové výrobní haly, kde budou soustředěné moderní technologie v logické návaznosti jednotlivých výrobních operací
- nákup pětiosého frézovacího centra (rok 2008)
- investice do automatizované technologie pro zvýšení efektivnosti u sériových dílů
- zvýšení produktivity práce a efektivnosti výroby, důsledek v růstu přidané hodnoty o 10-15%
- postupné snižování manuální práce v sériovější výrobě
- výroba na konvenčních strojích pouze v případě malosériové a zakázkové výroby
- růst obrátu v prvním roce o 25 %, dále meziročně o 10 %
- udržení, další nábor a zvyšování kvalifikace klíčových pracovníků se zaměřením na programování CNC strojů, technologii a konstrukci a obsluhu CNC strojů.

Cíle společnosti v nástrojařské výrobě **v horizontu jednoho roku** jsou:

- rozšíření výrobních možností a nabídky nástrojárny
- zefektivnění výroby v nástrojárně a růst přidané hodnoty min. o 30 %
- nábor nových pracovníků – nástrojařů
- nárůst obrátu min. o 100 % díky zavedení CNC technologie a CAD/CAM
- posílení pozice v oblasti konstrukce a vývoje forem díky využití nejmodernějších softwarových nástrojů.

Základním dlouhodobým cílem společnosti je dosáhnout finanční stability, trvalého rozvoje společnosti, modernizace společnosti, zvyšování kvality výrobků a posílení pozice na trzích.

2 Stávající proces obrábění řetězových článků

2.1 Polotovár a jeho charakteristika

Článek řetězu je základním montážním prvkem pro řetězový zásobník nástrojů obráběcích strojů. Slouží pro upínání nástrojů v zásobníku nástrojů. Jednotlivé nástroje jsou zasunuty a zajištěny v kuželové dutině článku (ISO 50). Řetězové zásobníky v obráběcích strojích čítají až 200 nástrojů.

Jedná se o odlitek z hliníkové slitiny AISI10MgMn. Má válcovitý tvar s dutinou se třemi rameny na každé straně, které umožňují spojení do souvislého řetězu. Dutina článku je předlita s přídávky pro opracování, tak jako ostatní styčné a funkční plochy. Otvory v ramenou článku předlity nejsou.

Ve společnosti KOVO Děčín spol s r.o. se vyrábí i další součásti pro řetězový zásobník, jako jsou čep zámku, čep řetězu, distanční pouzdra, distanční podložky.



Obr. 2. Odlitek článku řetězu

2.2 Charakteristika stávajícího výrobního procesu obrábění řetězových článků

Stávající výrobní proces probíhá ve dvou operacích na frézovacích centrech MCV750 Quick a MCV1000 Quick.

Řetězové články se vyrábějí po sériích čítajících od 300 do 800ks.

Tab. 1.

Objem výroby řetězových článků v minulých letech	
Rok	Počet
2004	Zkušební série 250 ks
2005	660
2006	3472
2007	5399

Pro rok 2008 je již nasmlouván objem 6500 ks řetězových článků. Právě roční vzrůstající počet vyráběných článků byl impulzem pro zproduktivnění výrobního procesu obrábění.

2.3 Frézovací centrum MCV 750 Quick a MCV 1000 Quick

Vertikální obráběcí centra MCV 750 Quick a MCV 1000 Quick jsou určena pro práce v kusové i sériové výrobě. Provádí operace vrtání, vystružování, vyvrtávání, frézování a řezání závitů.



Obr. 4. MCV 750 Quick

Stroje jsou standardně určeny pro obrábění dílců z ocelí, litin, neželezných kovů a plastických hmot.

Obráběcí centra jsou zvlášť vhodné pro obrábění menších značně členitých a složitých součástí ploché či skříňové konstrukce.

Stroje se liší velikostí, systémem odměřování a řídicím systémem.

MCV 750 Quick je vybaven řídicím systémem ACRAMATIC a přímým odměřováním pomocí pravítek.

MCV 1000 Quick je vybaven řídicím systémem ACRAMATIC a nepřímým odměřováním.

Stroj MCV 1000 je vybaven čtvrtou osou v podobě otočného stolu ve vertikální poloze.

Základ stroje tvoří lože z šedé litiny. Po loži přejíždějí saně (osa Y) po kterých se pohybuje stůl (osa X). V zadní části lože je plocha pro stojan po kterém se pohybuje vřeteník (osa Z).

Pohony posuvů jsou provedeny regulačními motory připojenými na kuličkové šrouby ve třech osách.

Vřetena jsou vybavena strmým upínacím kuželem 7:24 velikosti ISO 40 a středovým upínáním nástrojů. Maximální otáčky vřetena jsou 10000ot/min. Otáčky jsou plynule měnitelné.

Pohon vřetena je proveden regulačním motorem o výkonu 7,5kW.

Obráběcí centra mají rotační zásobník pro 20 nástrojů. Jeho ovládání, stejně jako uvolňování nástrojů ve vřetenu je pneumatické. K výměně nástroje dochází zapichovacím způsobem automaticky nebo ručně.

Zásobník je osaditelný 20-ti nástroji s max. Ø80mm (s vynecháním sousedních nástrojů Ø160mm), maximální délkou 250mm, max. hmotnosti 6kg, při zachování dovoleného celkového zatížení zásobníku 60kg nástrojů.

Kryty pracovního prostoru se zasouvacími dveřmi zabraňují rozstříku chladicí kapaliny od středového či vnějšího chlazení nástrojů.

Chlazení nástrojů se skládá z vysokotlakého a nízkotlakého okruhu. Vysokotlaký okruh je určen pro středové chlazení nástrojů, nízkotlaký okruh pro vnější chlazení nástrojů a oplach třísek.

Technické parametry:

Tab. 2.

MCV 750 Quick		
Hlavní rozměry		
Rozměr upínací plochy stolu	mm	1000x500
Počet T.drážek stolu		3
Šířka a rozteč T-drážek stolu	mm	18/125
Největší délka dráhy stolu (X)	mm	750
Největší délka dráhy stolu (Y)	mm	500
Největší délka dráhy vřetene (Z)	mm	500
Maximální vrtací průměry (7,5kW)		
Průměr vrtání zplna do oceli o pevnosti 600MPa vrtákem z RO	mm	25
Průměr vrtání zplna do oceli o pevnosti 600MPa vrtákem s výměnnými destičkami ze SK	mm	30
Průměr závitu při řezání do oceli s pevností 600MPa	mm	M20
Posuvy		
Rychloposuv	mm.min ⁻¹	25000
Posuv	mm.min ⁻¹	1-5000
Zásobník nástrojů		
Počet poloh		20
Maximální průměr nástroje	mm	80
Maximální průměr nástroje s vynecháním sousední polohy	mm	160
Maximální délka nástroje	mm	250
Maximální hmotnost nástroje	kg	6
Maximální hmotnost nástrojů v zásobníku	kg	60
Čas výměny nástroje z řezu do řezu	sec	8-12
Čas výměny sousedního nástroje	sec	6

Tab.3.

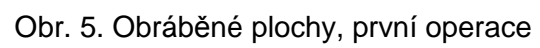
MCV 1000 Quick		
Hlavní rozměry		
Rozměr upínací plochy stolu	mm	1000x500
Počet T.drážek stolu		3
Šířka a rozteč T-drážek stolu	mm	18/125
Největší délka dráhy stolu (X)	mm	1000
Největší délka dráhy stolu (Y)	mm	500
Největší délka dráhy vřetene (Z)	mm	600
Maximální vrtací průměry (7,5kW)		
Průměr vrtání zplna do oceli o pevnosti 600MPa vrtákem z RO	mm	25
Průměr vrtání zplna do oceli o pevnosti 600MPa vrtákem s výměnnými destičkami ze SK	mm	30
Průměr závitu při řezání do oceli s pevnosti 600MPa	mm	M20
Posuvy		
Rychloposuv	mm.min ⁻¹	25000
Posuv	mm.min ⁻¹	1-5000
Zásobník nástrojů		
Počet poloh		20
Maximální průměr nástroje	mm	80
Maximální průměr nástroje s vynecháním sousední polohy	mm	160
Maximální délka nástroje	mm	250
Maximální hmotnost nástroje	kg	6
Maximální hmotnost nástrojů v zásobníku	kg	60
Čas výměny nástroje z řezu do řezu	sec	8-12
Čas výměny sousedního nástroje	sec	6

2.4 Technologie obrábění řetězových článků na stroji MCV 750 Quick a MCV 1000 Quick

2.4.1 Technologie obrábění řetězového článku v první operaci

V první operaci na frézovacím centru MCV 750 obrábíme:

- kužel v dutině článku
- čelo článku s dutinou kužele
- plochy ramen
- průchozí díru $\phi 28^{+0,15}_{+0,1}$
- otvory $\phi 6,1$
- otvory $\phi 18H7$ v ramenou článku



2.4.1.1 Použité nástroje

Tab. 4.

Použité nástroje pro první operaci	
Název	Popis
Fréza Ø24 R12	Kulová fréza s vyměnitelnými destičkami ze SK, délka 75mm
Fréza Ø160	Kotoučová oboustranná fréza o průměru 160mm se speciálními břitovými destičkami s vysoce pozitivní geometrií břitu pro obrábění hliníku. Fréza je připevněna na prodlouženém držáku, aby byla schopna obrobit i nejspodnější rameno článku.
Vrták Ø27	Vrták s vyměnitelnými destičkami ze SK pro obrábění hliníku, průměr 27mm, délka 160mm
Navrtávák 8/90	Monolitní navrtávák s vrcholovým úhlem 90° a průměrem 8mm
Vrták Ø6,1	Monolitní vrták Ø6,1
Vrták Ø17	Monolitní vrták Ø17mm určený pro obrábění hliníku, délka 165mm
Vyvrťovací hlava Ø18H7	Jednobřitý nástroj s vyměnitelnou destičkou ze SK s možností precizního nastavení obráběného průměru. Hlava je připevněna na monolitní tyči, celková délka nástroje je 165mm
Kuželová fréza 8°17'	Speciální monolitní nástroj pro obrábění dutiny kužele vyrobený na požadovaný rozměr a drsnost dle výkresu
Vyvrťovací hlava Ø28	Jednobřitý nástroj s vyměnitelnou destičkou ze SK s možností precizního nastavení obráběného průměru. Hlava je připevněna na monolitní tyči, celková délka nástroje je 165mm
Kalibr 18H7	Kalibr na díru
Měřicí přípravek pro kuželovou díru ISO50	Upravený kuželový kalibr k němuž je připevněn úchylkoměr. Pomocí tohoto přípravku jsme schopni změřit kužel, souosost a kolmost kužele. Měřidlo slouží pouze k měření přímo na stroji, definitivní přeměření probíhá na 3D souřadnicovém měřícím stroji.

2.4.1.2 Upínací přípravek

V první operaci je článek upnut ve vertikální poloze. Upíná se do upraveného čtyřčelistového univerzálního sklíčidla s dvěma aktivními prizmatickými speciálními tvarovými čelistmi. Zbylé dvě drážky jsou zaslepeny proti vniknutí třísek a nečistot do mechanismu sklíčidla.

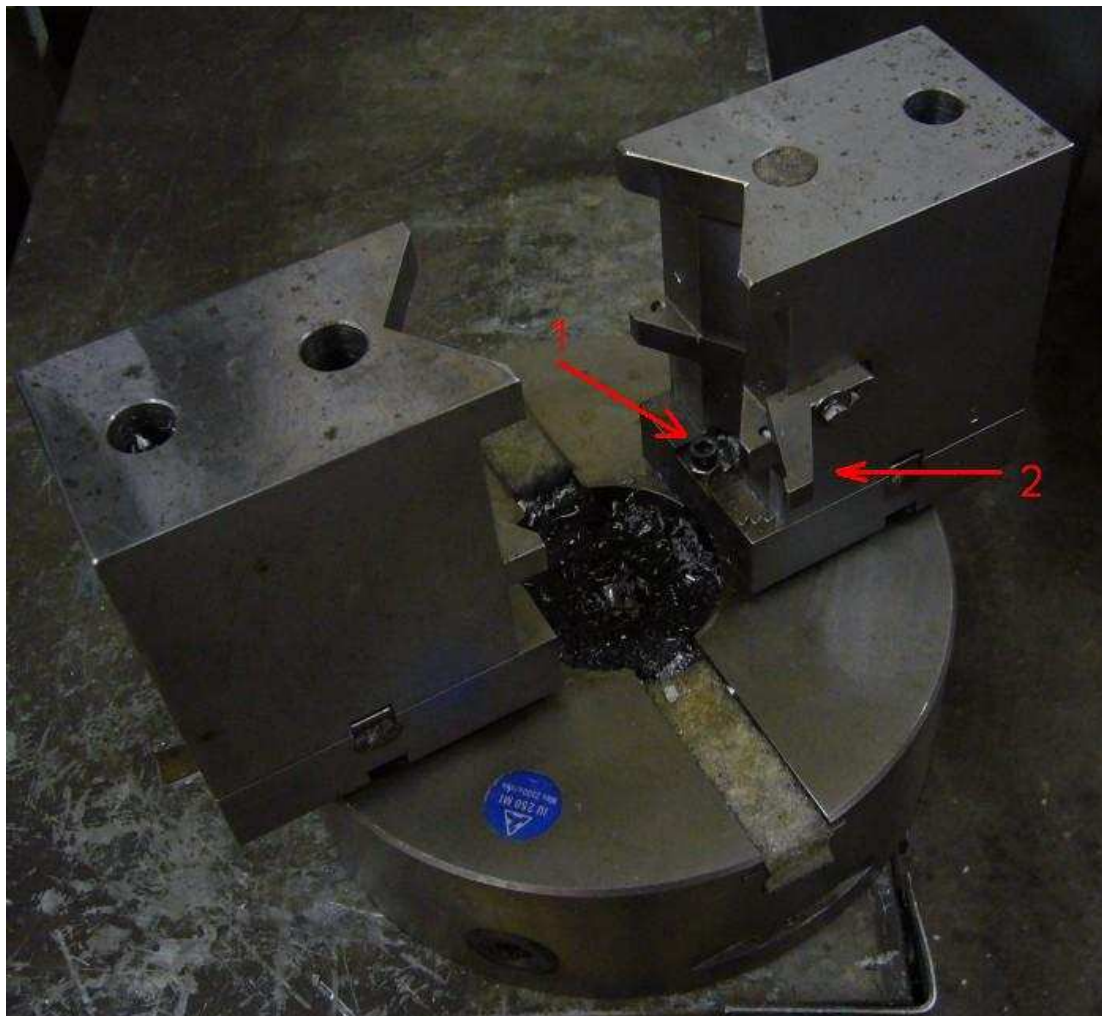


Obr. 6. Upínací přípravek pro první operaci

Prizma z důvodu kratšího kroku čelistí svírá úhel 110° , tento úhel se na přípravku osvědčil. Důvod ke změně úhlu na standardních 90° by mohl být v případě nákupu normalizovaných prizmat, které z důvodu odlehčení pro ramena článku nebudou uvažovat.

Na jedné z tvarových čelistí je výškový doraz, realizován pomocí šroubu s vnitřním šestihranem a kontramaticí. Dotek je v místě paty článku (obr. 7, pozn. 1).

Polohu ramen článku určuje opěrka přimontovaná na tvarové čelisti (obr.7, pozn.2).



Obr. 7. Dorazy

2.4.1.3 Technologický postup

Tab. 5.

Technologický postup obrábění řetězových článků na stroji MCV750					
Číslo úseku	Typ operace	Popis	Nástroj	Čas na 3ks [s]	Čas na 1ks [s]
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Fréza Ø24	10	3,3

1	Frézování	Hrubování čela, kuželu a válcového odlehčení v dutině obrobku	Fréza Ø24	491,5	163,8
	Manipulace s nástroji	Založení nástroje do zásobníku	Fréza Ø24	9	3
	Manipulace s nástroji	Ruční založení nástroje	Fréza Ø160	15	5
2	Frézování	Frézování čela článku	Fréza Ø160	157	52,3
3	Frézování	Frézování ploch ramen článku	Fréza Ø160	948	316
	Manipulace s nástroji	Ruční vyjmutí nástroje	Fréza Ø160	20	6,7
	Manipulace s nástroji	Vyjmutí nástroje ze zásobníku	Vrták Ø27	10	3,3
4	Vrtání	Hrubování Ø27	Vrták Ø27	64	21,3
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Navrtávák 8/90	10	3,3
5	Vrtání	Navrtání pro Ø18H7 a Ø6,1, sražení hrany na Ø 69,85	Navrtávák 8/90	79,5	26,5
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vrták Ø6,1	10	3,3
	Vrtání	Vrtání Ø6,1	Vrták Ø6,1	49,5	16,5
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vrták Ø17	10	3,3
6	Vrtání	Hrubování díry Ø17	Vrták Ø17	165	55
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vyvrtávací hlava Ø18 na monolitní tyči	10	3,3
7	Vrtání	Vrtání Ø18H7 načisto (1.článek)	Vyvrtávací hlava Ø18 na monolitní tyči	75	25
8	Měření	Měření kalibrem	Kalibr na díru 18H7	11	3,7
9	Vrtání	Vrtání zbývajících děr 18H7	Vrtací tyč Ø18	159	53
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Fréza kuželová 8°17'	10	3,3
10	Frézování	Frézování kuželu načisto	Fréza kuželová 8°17'	314,5	104,8
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vyvrtávací hlava Ø28 na monolitní tyči	10	3,3
11	Vrtání	Vrtání díry Ø28 načisto	Vyvrtávací hlava Ø28 na monolitní tyči	87	29
12	Upínání	Výměna dílů		120	40

2845	948
------	-----

2.4.1.4 Celkový čas obrábění řetězového článku v první operaci

Pro první operaci je kusový čas obrábění a upínání na jeden článek 15 min 48 sec. Dále je třeba uvažovat s dávkovým časem seřízení stroje při startu nové série. Což zahrnuje založení a oměření nástrojů, ustavení upínačů a odladění prvních kusů. Obsluha má v technologickém postupu pro první operaci předepsaný dávkový čas na seřízení 300 min. Pokud budeme uvažovat nejčastější sérii po 600ks, navýší se celkový čas pro první operaci o 30 sec na konečných **16 min 18 sec.**

2.4.2 Technologie obrábění řetězového článku v druhé operaci

Druhá operace probíhá na frézovacím centru MCV1000, obrábíme zde:

- čelo článku s otvorem $\phi 28^{+0.15}_{+0.1}$
- plochy paty článku
- otvor $\varnothing 8H7$
- zahloubení $\varnothing 16H7$
- závit M5
- zahloubení $\varnothing 12$



2.4.2.1 Použité nástroje

Tab. 6.

Použité nástroje pro druhou operaci	
Název	Popis
Frézovací hlava Ø52	Frézovací hlava Ø52mm s vyměnitelnými destičkami ze SK určené k obrábění hliníku, výška 60mm
Navrtávák 8/90	Monolitní navrtávák s vrcholovým úhlem 90° a průměrem 8mm
Vrták Ø4,2	Monolitní vrták Ø4,2
Závitník M5	Závitník M5 na Al slitiny
Vrták Ø7,8	Monolitní vrták Ø7,8
Fréza Ø14	Monolitní válcová čelní fréza Ø14mm
Výstružník Ø8H7	Výstružník z Ø8H7
Vyvrátavací hlava Ø16H7	Jednobřítý nástroj s vyměnitelnou destičkou ze SK s možností precizního nastavení obráběného průměru
Fréza Ø12	Monolitní válcová čelní fréza Ø12

2.4.2.2 Upínací přípravek

Přípravek tvoří deska s rozpínacím trnem a dvěma lícovacími čepy. Přípravek je připevněn ve čtvrté ose frézovacího centra MCV 1000. Článek je zakládán v horizontální poloze na lícovací čepy, plocha čela článku s kuzelem dosedne na desku a dotahováním rozpínacího trnu dojde k vycentrování obrobku v přípravku. Vlastní upnutí je realizováno šrouby s vnitřním šestihranem a kruhovými podložkami s výřezem.



Obr. 9. Upínací přípravek pro druhou operaci

2.4.2.3 Technologický postup

Tab. 7.

Technologický postup obrábění řetězových článků na stroji MCV1000				
Číslo úseku	Typ operace	Popis	Nástroj	Čas na 1ks [s]
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Frézovací hlava Ø52	10
1	Frézování	Frézování paty zubu, čela Ø52	Frézovací hlava Ø52	47
	Polohování čtvrté osy	Otočení obrobku o 180°		12
2	Frézování	Frézování paty zubu	Frézovací hlava Ø52	47
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Navrtávák 8/90	10
3	Vrtání	Navrtání pro M5 a Ø16H7	Navrtávák 8/90	5
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vrták Ø4,2	10
4	Vrtání	Vrtání Ø4,2 pro M5, hl.18	Vrták Ø4,2	9
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Závitník M5	10
5	Řezání závitu	Řezání závitu M5, hl.11	Závitník M5	12
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vrták Ø7,8	10
6	Vrtání	Vrtání Ø7,8 pro Ø8H7, hl.18	Vrták Ø7,8	13
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Fréza Ø14	10
7	Frézování	Frézování Ø14 pro Ø16H7	Fréza Ø14	12
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Výstružník Ø8H7	10
8	Vystružování	Vystružování Ø8H7	Výstružník Ø8H7	35
9	Kontrola	Kontrola zalomení výstružníku		10
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vrtací hlava Ø16H7	10
10	Vrtání	Vrtání Ø16H7	Vrtací hlava Ø16H7	15
	Polohování čtvrté osy	Otočení obrobku o 180°		12
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Fréza Ø12	10
11	Frézování	Frézování zhloubení Ø12, hl. 10	Fréza Ø12	11
12	Upínání	Výměna dílu		90

2.4.2.4 Celkový čas obrábění řetězového článku v druhé operaci

Pro druhou operaci je kusový čas obrábění a upínání 7 min 0 sec. Dávkový čas seřízení pro druhou operaci je 120 min, pro sérii čítající 600 ks je tedy celkový čas druhé operace **7 min 12 sec**.

2.4.3 Celkový čas obrábění řetězového článku

Celkový čas obrábění řetězového článku včetně upínání je **23 min 30 sec**.

2.5 Problémy a nevýhody současného řešení obrábění řetězových článků

Nevýhodou ve stávajícím řešení bylo především zdlouhavé seřizování upínacích přípravků při startu první operace. Pro dosažení potřebné přesnosti kolmosti bylo potřeba sklíčidla vypodkládat planžetami různých tloušťek, což značně prodlužovalo seřizovací časy. Stávající řešení je z tohoto pohledu naprosto nevhodné.

I přesto, že otvory po dvou zbývajících čelistech sklíčidla byly zakryty, docházelo často k zanesení vnitřního upínacího mechanismu. To si žádalo pravidelné rozebrání a čištění sklíčidel, což bylo náročné na údržbu



Obr. 10. Detail ochrany proti vniknutí nečistot do přípravku pro první operaci

Vhledem k rozmístění sklíčidel v pracovním prostoru byl omezen manipulační prostor při upínání a odepínání obrobku ze zadního sklíčidla.



Obr. 11. Otvor pro upínací kliku

3 Návrh nového řešení procesu obrábění řetězových článků

3.1 Oblasti možného zproduktivnění výroby a snížení nákladů

3.1.1 Obrábění řetězového článku na jiném pracovišti

Společnost KOVO Děčín spol. s r.o. průběžně řeší navyšování kapacit investováním do nové technologie. Tento okamžik nastává i nyní, kdy je potřeba navýšit kapacity obrábění novým frézovacím centrem. A je nutné vyspecifikovat s ohledem na charakter výroby optimální konstrukci a konfiguraci stroje. Nový stroj by měl být zaměřen na sériovější výrobu, viz. článek řetězu, kde hlavní úsporu najdeme v eliminaci upínacích časů a zároveň by měl poskytnout vyšší parametry než stávající strojový park. Z tohoto důvodu lze uvažovat o dvou základních konstrukčních řešeních stroje, a to stroj s paletovou výměnou, nebo stroj s tzv. duopracovištěm.

U systémů s automatickou výměnou obrobků je obrobek zpravidla upínán na paletu mimo pracovní prostor během práce stroje, samotná výměna palet je pak realizována automaticky bez zásahu lidského činitele.

Stroj s automatickou paletovou výměnou je vhodný a jeho využití je opodstatněné pouze v sériové a hromadné výrobě. Při obrábění kusových a menších sérií je automatická výměna téměř bez užitku.

Stroj s duopracovištěm lze využít jako klasické frézovací centrum s nadstandardně dlouhým stolem (osa x), nebo může být pracovní stůl rozdělen přepážkou na dva nezávislé pracovní prostory. Zatímco stroj v jednom prostoru obrábí, ve druhém prostoru obsluha upíná další polotovar. Lze tak obrábět jak rozměrné a těžké obrobky, tak využít stroj pro obrábění drobných dílů v sériové výrobě s upínáním v překrytém čase.

Dalším parametrem pro výběr vhodného stroje je velikost pracovního prostoru, kde je výhodné upnout více obrobků najednou a eliminovat tak časy časté výměny nástrojů.

Vzhledem k orientaci firmy na zakázkové obrábění a z toho vyplývajícího požadavku na co největší univerzálnost, a tedy možnost vyhovění v co nejširší oblasti svým zákazníkům, je jako optimální řešení stroj s duopracovištěm, jehož další výhodou je nadstandardní velikost osy x, což umožňuje obrábění extra dlouhých dílců.

Po zvážení všech aspektů bylo rozhodnuto pro vertikální obráběcí centrum **AXA VSC 1-M**.

3.1.2 Použití produktivnějších metod obrábění

Prověření a zoptimalizování stávajícího výrobního procesu spočívá v podrobném prostudování současné technologie, použitých nástrojů a vyhledání míst, kde lze výrobní proces zefektivnit.

V první operaci lze dosáhnout podstatného zkrácení obráběcích časů úpravou nástroje fréza Ø160 na dvojnásobnou. Fréza nyní obrábí plochy ramene seshora a zespoda zvlášť, úpravou nástroje lze tyto dva úkony sloučit v jeden a dosáhnout polovičního času obrábění. Nástroj se tedy bude skládat ze dvou oboustranných kotoučových fréz. Tyto frézy budou vymezeny přesným kroužkem zbroušeným tak, aby obráběly rameno článku v požadované tloušťce a přesnosti dle výkresu. Tato dvojnásobná fréza bude opět připevněna na prodlouženém držáku, aby byla schopna obrobit i nejspodnější rameno článku.

Dalším řešením by mohla být speciální fréza, která obrobí najednou tři ramena článku, spodní i horní plochy. Opět by se jednalo o podstatné zkrácení času obrábění při obrábění ploch ramene článku. Nástroj by ovšem musel být konstruován s ohledem na hmotnost nástroje především z důvodu ručního zakládání do vřetene obsluhou stroje. Otázkou je zda by bylo možné při takové násobnosti nástroje dosáhnout přijatelné hmotnosti a zároveň tuhosti nástroje. Společnost KOVO Děčín spol. s r.o. se v této chvíli otázkou konstrukce takto složitého nástroje zabývat nehodlá. Při zvyšující se sériovosti však jistě bude stát za úvahu, zda se neubírat tímto směrem.

Ve druhé operaci je možné dosáhnout zkrácení časů použitím sdružených nástrojů a optimalizací řezných podmínek.

3.1.3 Minimalizace upínacích a seřizovacích časů

Minimalizace upínacích a seřizovacích časů lze dosáhnout:

- upínáním v překrytém čase (duopracoviště)
- upnutím většího množství obrobků na pracovišti (větší upínací plocha, nový dvojnásobný upínač)
- použitím univerzálního upínače, u kterého lze snadno vyměnit tvarové čelisti za standardní vhodné pro jiný výrobek, a není proto třeba demontovat vlastní tělo upínače.

3.2 Frézovací centrum AXA VSC 1-M

Vertikální obráběcí centrum AXA VSC 1-M s pojízdným stojanem v kombinovaném provedení dvojí místo/dlouhý stůl je určeno pro práce v sériové i kusové výrobě s minimalizací upínacích časů. Stroj má pohyblivý vřeteník ve třech osách X, Y a Z a pevný pracovní stůl s možností rozdělení pracovních prostorů přepážkou na tzv. duopracoviště. V jednom prostoru se obrábí a ve druhém současně probíhá příprava nebo upínání obrobků v překrytém čase, což vede k maximální produktivitě obrábění.



Obr. 12. AXA VSC 1-M

Základní stojan (Z), saně (X, Y) a rovněž i vřeteník jsou z vysokojakostní strojní litiny.

Stroj je vybaven přímým lineárním odměřováním HEIDENHAIN a řídicím systémem iTNC HEIDENHAIN s digitální regulací pohonů.

Vřeteno je výkonu 20 kW a plynule měnitelných otáčkách 30 – 10000 ot.min⁻¹.

Stroj je vybaven pojízdným řetězovým zásobníkem (ve směru osy X) na 36 nástrojů. Standardně je dodáván pro 22 nástrojů. Časy výměny nástrojů jsou 4 sec. Od řezu do řezu 8 sec. Maximální váha nástroje je 8 kg, maximální délka 400 mm. Maximální průměr nástroje je 85 mm, při volných sousedních místech 135 mm.

Na přání zákazníka je stroj vybaven vnitřním vysokotlakým chlazením nástroje (30 bar), vnitřním i vnějším chlazením nástroje vzduchem, dvěma ručními pistolemi k oplachování chladicí vodou, nástrojovou sondou Renishaw s kabelem a měřicí sondou Renishaw s infrapřenosem. Stroj je vybaven čtvrtou osou v podobě otočného stolu.

Technické parametry:

Tab. 8.

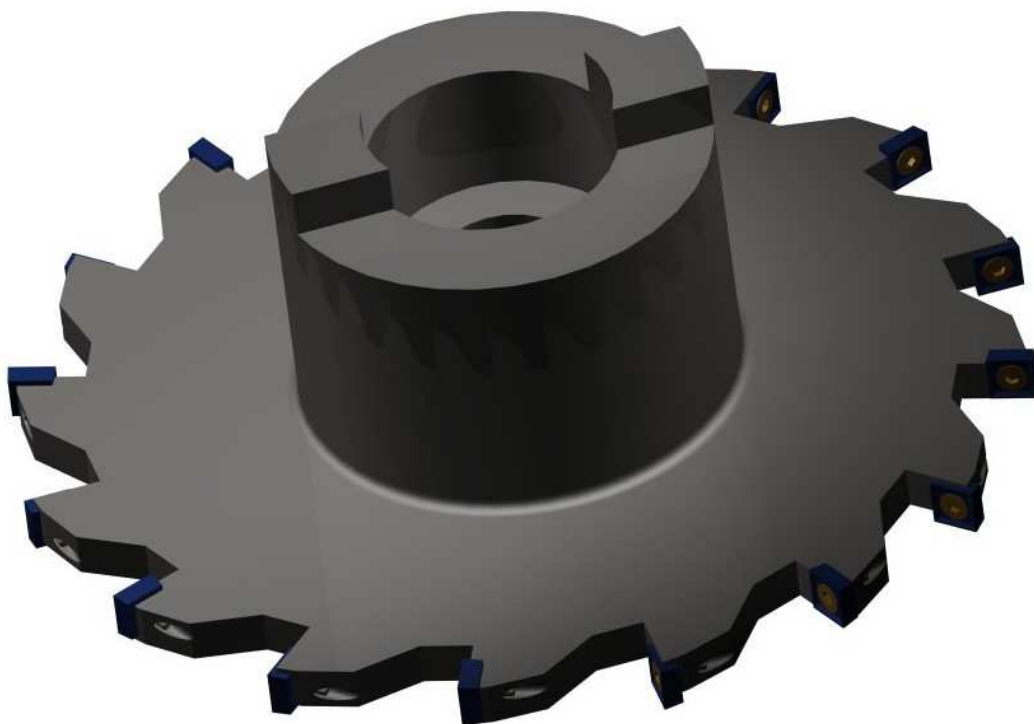
AXA VSC 1-M		
Hlavní rozměry		
Rozměr upínací plochy stolu	Mm	2940
Počet T-drážek stolu		3
Šířka a rozteč T-drážek stolu	Mm	14H9/160
Největší délka dráhy vřetene(X)	Mm	3000
Největší délka dráhy vřetene(Y)	Mm	500
Největší délka dráhy vřetene (Z)	Mm	600
Maximální vrtací průměry (20 kW)		
Průměr vrtání zplna do oceli o pevnosti 600 MPa vrtákem z RO (s=0,13 mm/ot)	Mm	32
Výkon frézování do oceli o pevnosti 600 MPa s rovinnou frézou Ø63	cm ³ .min ⁻¹	400
Průměr závitu při řezání do oceli s pevnosti 600 MPa	mm	27
Posuvy		
Rychloposuv v X/Y/Z	m.min ⁻¹	30/30/25
Posuv	mm.min ⁻¹	1-10000
Zásobník nástrojů		
Počet poloh		36
Maximální průměr nástroje	mm	85
Maximální průměr nástroje s vynecháním sousední polohy	mm	135
Maximální délka nástroje	mm	400
Maximální hmotnost nástroje	kg	8
Čas výměny nástroje z řezu do řezu	sec	8
Čas výměny nástroje	sec	4

3.3 Návrh řešení obrábění řetězových článků

3.3.1 Úprava a návrh obráběcích nástrojů

3.3.1.1 První operace

V první operaci se jedná o úpravu frézy Ø160. Nynějším nástrojem je kotoučová fréza se speciálními břitovými destičkami vysoce pozitivní geometrií břitu pro obrábění hliníku.



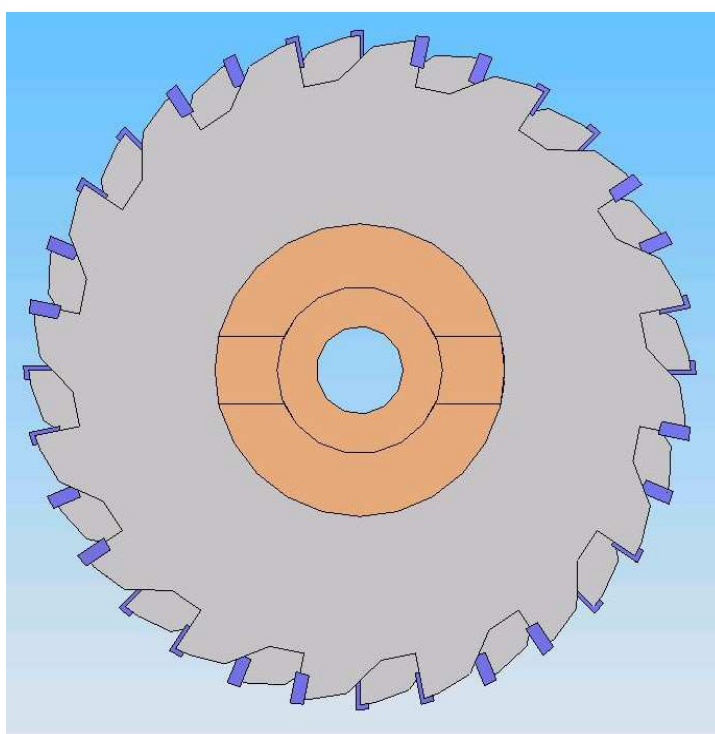
Obr. 13. Fréza Ø160

Fréza je připevněna na prodlouženém držáku, aby byla schopna obrobit i nejspodnější rameno článku. Na nový nástroj bude použito dvou kotoučových fréz. Fréza by měla být schopna obrábět každé rameno článku najednou (horní i spodní plochu zároveň), dosáhneme tedy polovičního času obrábění oproti současnému řešení. Touto konstrukční změnou dosáhneme úspory 2 min 38 sec na kus.

Současný nástroj váží 6,5 kg. Parametry stroje jej tedy nedovolují založit do zásobníku nástrojů, i když by to jeho průměr při neobsazených sousedních pozicích dovoval.

Nástroj se tedy při obrábění musí zakládat ručně, což není výhodné především z důvodů upínacích časů a především proto, že čas založení je závislý na lidském faktoru, který by bylo ideální pro tyto případy zcela vyloučit.

Nástroj se bude skládat z hřídele s normalizovaným kuželem ISO 40, který se přímo zakládá do nástrojového držáku. Hřídel je sešroubována společně s držákem, dvěma frézami a vymezujícím kroužkem. Na držáku polohu fréz určují drážky a pera, zuby fréz jsou vůči sobě pootočený o polovinu zubové mezery z důvodu plynulejšího záběru.

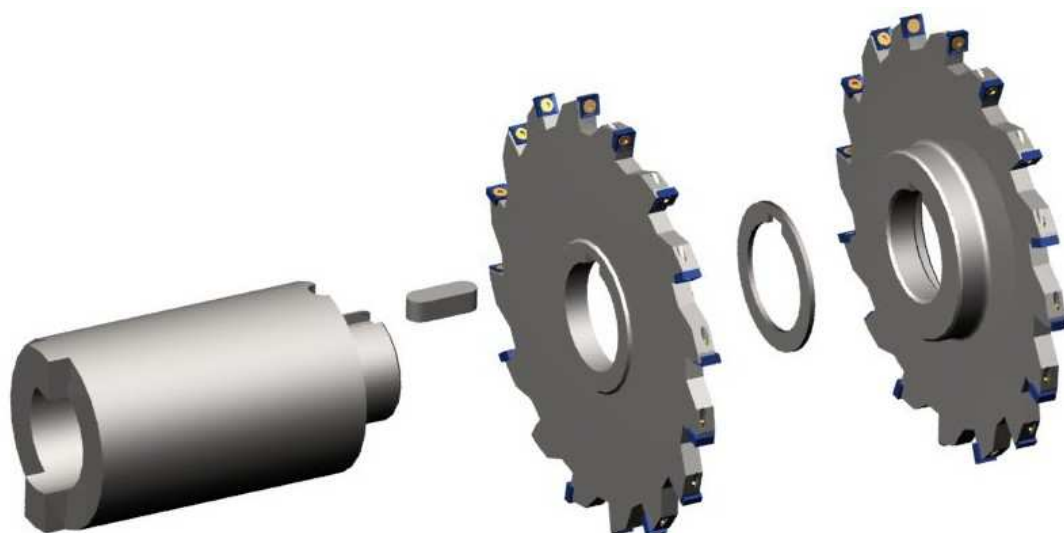


Obr. 15. Detail přesazení zubů



Obr. 14. Modifikovaná fréza Ø160

Vzdálenost mezi frézami určuje vymežovací kroužek, který je vyroben s přídavkem na konečné dolícování. Vymežovací kroužek je vyroben z nástrojové oceli 19312 kalené na 56HRC. Držák je vyroben z oceli 14220, cementován a kalen na 54HRC.



Obr. 16. Modifikovaná Fréza Ø160 – rozklad

První fréza je upravený nástroj z původního řešení, úprava spočívá v odsoustružení těla frézy na celkovou délku 18,5 mm. Do spodního čela je vysoustruženo zahlbubení na hlavu křížového šroubu, tak aby hlava šroubu nepřesahovala stávající čelo frézy k možnosti umístění těžiště článku co nejbližší k upínači. Druhá fréza je kotoučová opět s vyměnitelnými plátky pro obrábění hliníku. Celý nástroj váží 8,3 kg.



Obr. 17. Modifikovaná fréza Ø160 včetně nástrojového držáku

3.3.1.2 Druhá operace

Zoptimalizováno pomocí:

- zrušení navrtávačku z důvodu použití monolitních nástrojů, které nevyžadují navrtání. Uspořený čas je jedna výměna nástroje a čas vlastního navrtání. Časová úspora je celkem **15 sec**.
- tvářecího závitníku M5. Časová úspora je **4 sec**.
- sdruženého monolitního vrtáku a záhlubníku pro vyhrubování děr pro Ø8H7 a Ø16H7, který vyhrubuje otvory současně. Tímto nástrojem nahradíme vrták Ø7,8 a frézu Ø14. Uspořený čas je jedna výměna nástroje a čas obrábění jednoho nástroje. Časová úspora je **20 sec**.
- sdruženého monolitního výstružníku na díru Ø8H7 a Ø16H7, který díry vystruží současně v požadované výrobní toleranci. Tímto nástrojem nahradíme výstružník Ø8H7 a vyvrtávací hlavu Ø16H7 používané v předchozím řešení. Uspořený čas je jedna výměna nástroje, čas obrábění jednoho nástroje a především čas pro kontrolu zalomení výstružníku, který je závislý na lidském faktoru. Proces se tak stává rychlejší a zároveň spolehlivější. Časová úspora je celkem **35 sec**.

Celkový uspořený čas ve druhé operaci je **1 min 14 sec**.

Pro výpočet časů obrábění pro nové, nebo upravené nástroje vycházím z reálných podmínek původních nástrojů. Původní řezné podmínky považuji za maximálně zoptimalizované během dosavadní praxe výroby článku v původním řešení.

3.3.2 Návrh systému upínání

Navrhnutý upínač by měl zajišťovat snadné, spolehlivé a přesné upnutí s možností pružného přestavení na jiný druh výroby. Současně je žádoucí upnout do jediného upínače dva obrobky a to z důvodů co nejefektivnějšího využití pracovního prostoru.

3.3.2.1 Upínání do duálních svěráků

Duální svěráky poskytují možnost upnout do jediného upínače dva obrobky, využijeme tedy efektivněji pracovní prostor a upínání bude rovněž rychlejší, jelikož střední čelist je pevná a dvě pohyblivé k ní přisouváme. Toto řešení ale zároveň nese podstatný problém, svěrák již není samostředící jako sklíčidlo. Při upínání do

sklíčidla není poloha středu závislá na toleranci vnější válcové plochy odlitku, za kterou upínáme. Vždy máme zaručenou minimální odchylku ustavení souososti obráběného vnitřního kužele vůči této ploše. U duálních svěráků tomu tak není. Musíme zvážit, zda jsme vůbec schopni dosáhnout požadované souososti 0,3mm předepsané na výkrese.

Je zde sice ještě možnost odměřovat každý kus po upnutí měřicí sondou, pak ovšem rychlejší upínání ztrácí svůj původní smysl, když uspořený čas strávíme nad odměřováním nových kusů.



Obr. 18. Duální svěrák fy.Allmatic

Při poptávání duálních svěráků byly hlavními parametry:

- možnost aplikace prizmatických čelistí o výšce min 120mm
- minimální délka kroku 13mm (vychází ze stávajícího řešení)
- dobrá odolnost proti vniknutí nečistot do mechanismu svěráku
- univerzálnost s přihlédnutím na ostatní výrobní požadavky

Nabídnuté upínače byly různých provedení, od klasických strojních svěráků se šroubovým mechanismem, přes svěráky s přídatnou převodovkou s možností upínání pomocí akuvtračky, až po přes svěráky s hydraulickým upínáním.

- Svěráky se šroubovým mechanismem mají jako hlavní výhodu jednoduchost a nižší cenu. Nevýhodou je především doba upínání, kdy musíme točit klikou o několik otáček k dosažení potřebného kroku rozevření čelistí. Čelisti je třeba rozevřít minimálně o 13 mm, aby bylo možné obrobek z upínače vyjmout.
- Svěráky se šroubovým mechanismem doplněným převodovkou pro upínání pomocí akuvtračky sice minimalizují vlastní upínací čas, ale cena převodovky navyšuje cenu upínače o téměř 25 %. Podstatná nevýhoda je

ale v umístění převodovky před upínač a tím zbytečného zmenšení upínacího prostoru.

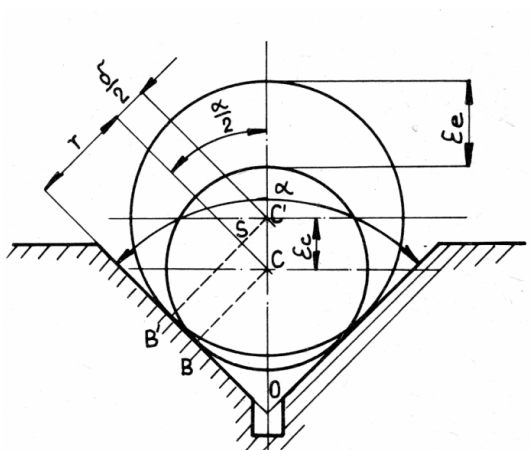
- Svěráky s hydraulickým upínáním mají jako hlavní výhodu rychlost upnutí, která pro nás, ale s ohledem na využití upínačů ve stroji s duopracovištěm není prioritou. Nevýhodou je cena upínačů a složitost celého hydraulického systému.

3.3.2.1.1 *Opakovaná přesnost polohování při upínání do prizma*

Prizmatické opěry jsou určeny k podepření válcových obrobků. Úhel α bývá 60° až 120° , nejčastěji 90° .

Poloha středu upínané válcové plochy od pevného prizma závisí na úhlu α a průměru (toleranci) válcové plochy. Je-li δ největší dovolená úchylka průměru obrobku, je příslušná úchylka v poloze součásti:

$$\varepsilon_c = \frac{\delta}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$



Obr. 19. Přesnost polohování při upínání do prizma

ε_r	úchylka souososti	[mm]
δ	největší dovolená úchylka průměru	[mm]
α	úhel prizma	[°]

Maximální tolerance upínaného průměru tedy pro dosažení souososti 0,3 mm může být 0,5 mm.

3.3.2.1.2 Výrobní tolerance vnějšího průměru odlitku

Měření jsem prováděl v původním přípravku a to měřením rozteče čelistí při upnutém článku, viz. Obr 20. Měření proběhlo na 50 ks článků z různých dodaných sérií a naměřené hodnoty vykazují maximální úchylku 0.5 mm.



Obr. 20. Porovnávací rozměr při upínání do přípravku pro první operaci

3.3.2.1.3 Vliv výrobní tolerance na přesnost polohování

Jestliže se vzdálenost čelistí pohybuje v rozmezí 0,5 mm, poloha středu obrobku se tedy pohybuje v rozmezí 0,25 mm, což vyhovuje předepsané toleranci souososti 0,3 mm dle výkresové dokumentace.

Toto platí pro případ, kdy budeme mít nulový bod seřizený na nejmenší odlitek a založíme největší, pokud ovšem nulový bod nastavíme na střední hodnotu, odchylka bude $\pm 0,25$ mm a poloha středu obrobku tedy $\pm 0,125$ mm.

Duální svěráky tedy lze použít.

3.3.2.2 Upínání do samostředících svěráků

Samostředící svěráky nabízejí možnost upínání pouze jednoho obrobku, ale zato s výhodou samostředění. Cena je sice značně nižší oproti duálním upínačům, ale do svěráku lze upnout pouze jeden odlitek, také univerzálnost je podstatně nižší. Stejně tak výměna tvarových čelistí je značně pomalejší.



Obr. 21. Samostředící svěrák fy. Allmatic

3.3.3 Výběr systému upínání

Jako vhodnou variantu jsem zvolil duální **upínač s ovládáním šroubovým mechanismem**. Tato koncepce je výhodná zejména pro možnost upnutí většího počtu obrobků v pracovním prostoru, jednoduchost, univerzálnost a relativně příznivou cenu. Zdánlivou nevýhodu upínání v delším čase v případě použití duopracoviště lze zanedbat. Obsluha stroje bude mít v překrytém čase dostatečný čas na upínání.

Nejvýhodnější se zdají svěráky typu Chick, které vynikají svou univerzálností, rychlým a přesným upínáním, snadnou obsluhou a možností velmi rychlé výměny tvarových čelistí za jiné. Svěráky typu Chick jsem zvolil právě pro jejich jednoduchou a přitom velmi propracovanou konstrukci zaměřenou na velkou variabilitu upínaných dílců. Mezi nespornou výhodou patří snadné vyjmutí střední pevné čelisti, pak upínač funguje jako klasický svěrák a najde uplatnění především v obrábění velkých dílců, či desek.



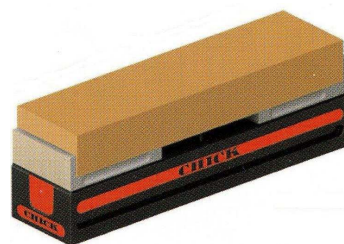
Obr. 22. Upínač Chick

3.3.4 Upínače Chick

Moderní upínače Chick vynikají především svou flexibilitou. Polotovary čelistí jsou z vysokopevnostního duralu, zákazník si může upínací plochu obrobit podle aktuálního obráběného dílce. Lze tedy upínat odlitky, tvarové dílce, ale i kostky a desky, kdy můžeme čelist ofrézovat v téměř celé šířce, nechat na konci pouze malou opěrnou plochu a využijeme tak téměř celou délku svěráku.



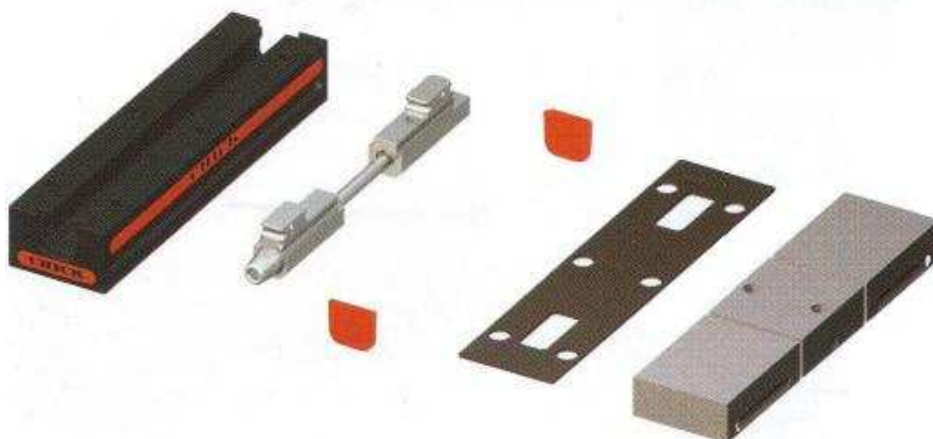
Obr. 23. Upnutí tvarových dílců



Obr. 24. Upnutí desky

Díky ocelové kluzné desce, po které pojíždí čelisti je vnitřní mechanismus dobře chráněn proti vniknutí třísek, což bylo častým problémem v původním řešení a důvodem k rozebrání a vyčištění upínačů. V případě vniknutí nečistot unášených chladicí kapalinou pod kluznou desku lze svěrák rychle rozebrat na základní díly. Údržbu lze provádět velmi snadno.

Základními díly jsou: základní těleso svěráku, upínací mechanismus, čelní krytky, ocelová kluzná deska, pevná střední čelist, přední a zadní pohyblivá čelist.

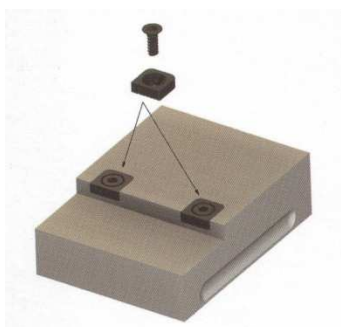


Obr. 25. Díly upínače Chick

Ovládání je realizováno klikou, která vstupuje do těla svěráku přes pryžovou průchodku, která zamezuje vniku nečistot.

Upínací sílu vyvozujeme čistě mechanicky, avšak i tak lze dosáhnout velké upínací síly od 10kN u nejmenšího provedení, až po 40kN u největšího svěráku.

Do čelistí je možné namontovat kalené opěrky a pak lze upínač používat jako klasický svěrák s kalenými čelistmi. Opěry se dodávají jak s rovnou plochou pro upínání za obrobený povrch, tak s výstupky umožňujícími zajistit bezpečné upnutí neobrobeného povrchu, či odlitku.



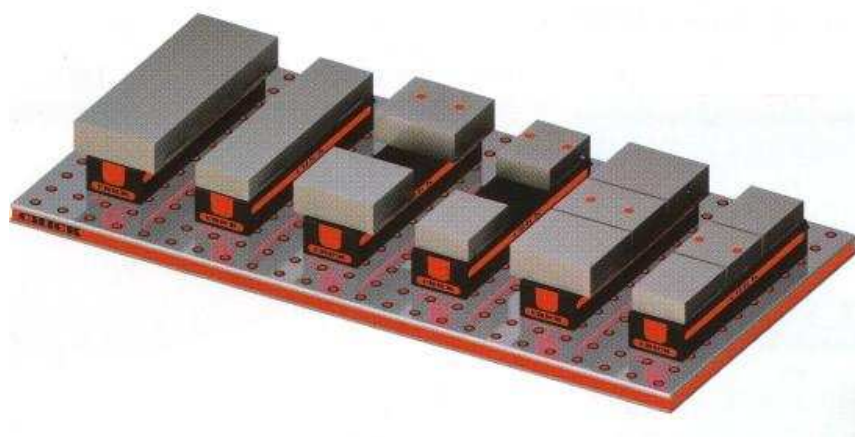
Obr. 26. Čelist s opěrkami



Obr. 27. Opěrka s výstupky

Čelisti se dají ze svěráku velmi rychle vyjmout bez použití jakéhokoli nářadí, čelist lze vyrazit pouze rukou, při úderu proti směru rozevírání čelistí. Čelisti jsou zajištěny speciálním zámkem, který umožňuje jak snadné vyjmutí, tak naopak snadné zpětné nasazení pouhým nacvaknutím. Upínací síla je přenášena přes šikmou plochu, která zamezuje zvedání čelistí při upínání, jak je tomu u klasických svěráků.

Na čelisti lze také samozřejmě připevnit vlastní tvarové, či vysoké čelisti, pokud nám nevyhovují rozměry dodávaných polotovarů. Polotovary se dodávají ve dvou provedeních a to klasické a paletové. Oba typy se dodávají v různých výškách jako klasické, tedy široké jako základní tělo, a jako rozšířené.



Obr. 28. Varianty čelistí upínače Chick

Klasické obsahují střední pevnou čelist, ke které se přisouvají dvě pohyblivé (svěrák funguje jako duální). Střední čelist lze vyjmout, zadní zajistit šroubem proti pohybu a používat svěrák jako klasický s pohyblivou přední čelistí.

Paletové obsahují pouze jednu čelist, která funguje jako paleta. Slouží k upínání drobných dílců, kdy na jedné paletě obrábíme a na druhé provádíme upínání mimo pracovní prostor stroje.

Svěrák ve variantě s třemi čelistmi nemusíme používat jako duální, ale lze mít např. v zadní poloze upnut obrobek po první operaci a v přední poloze upnout obrobek za plochu obrobenu v první operaci a obrábět operaci druhou. Konstrukce svěráku přitom umožňuje mít rozdílné rozevření čelistí.



Obr. 29. Použití upínače Chick pro dvě operace na jediné upnutí

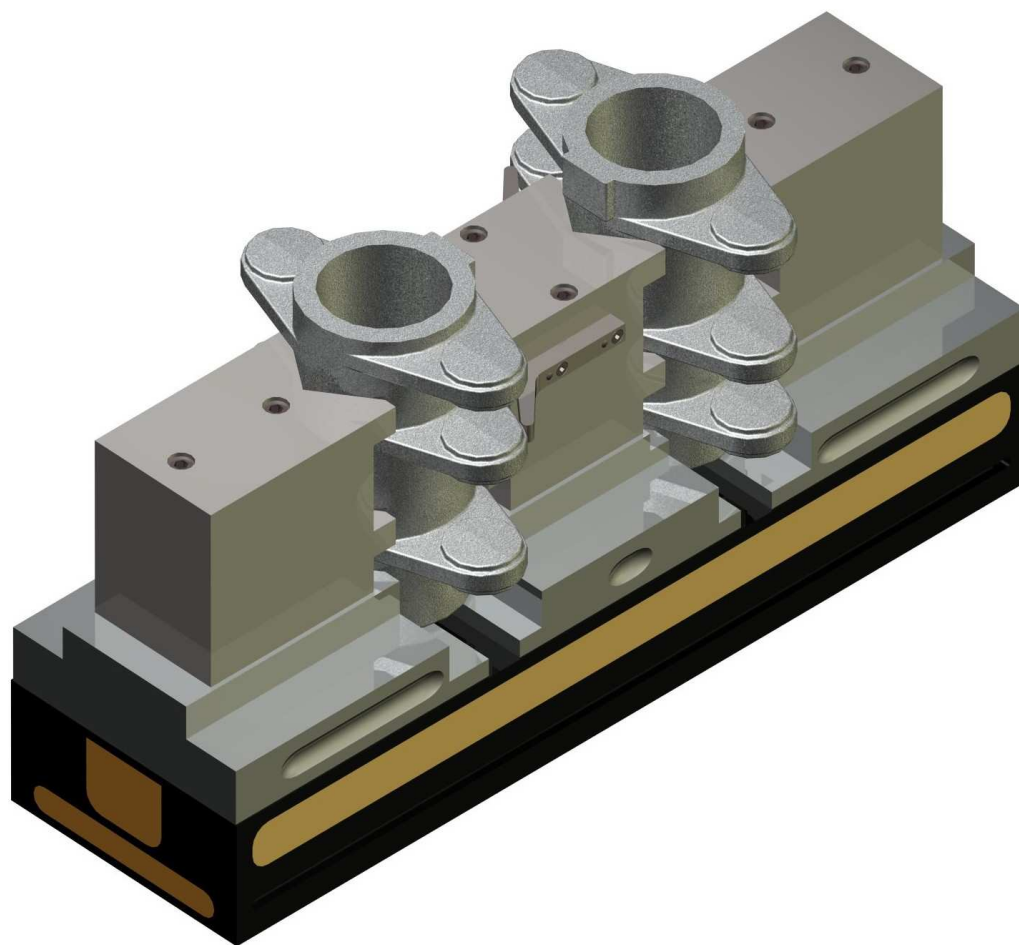
Čelisti svěráku lze obrábět přímo na stroji v upínači, je pak tedy zaručena ideální rovinnost i při použití více upínačů najednou.

3.3.5 Upínač Chick 1550

Pro náš případ byl vybrán největší z dodávaných svěráků Chick 1550, šířka je tedy 150mm, délka 500mm. Svěrák tedy plně využívá šířku pracovního stolu 500mm a díky možnosti použití tvarových čelistí pro upínání desek bude možné upnout i desku do šířce 480mm (10mm osazení z každé strany).

Konkrétním řešením pro případ upnutí odlitků řetězového článku je aplikace vlastních tvarových čelistí. Prostřední čelist je oboustranná. Tato čelist je pevná a proto jsou na ní umístěny opěrky (dorazy) výškové i proti pootočení. Krajsí čelisti jsou pohyblivé. K rozevření čelisti o 13mm (poté je možné vyjmout odlitek) je třeba otočit klikou o čtyři otáčky, tedy o osm půlotáček. Upínání je tedy pohodlné a rychlé.

Úprava základních polotovarů čelistí upínače spočívá v odfrézování odlehčení pro oboustrannou frézu Ø160 a patu článku. Dále pak vyrobení děr pro kolíky a závitů pro přimontování tvarových čelistí a výškových dorazů.

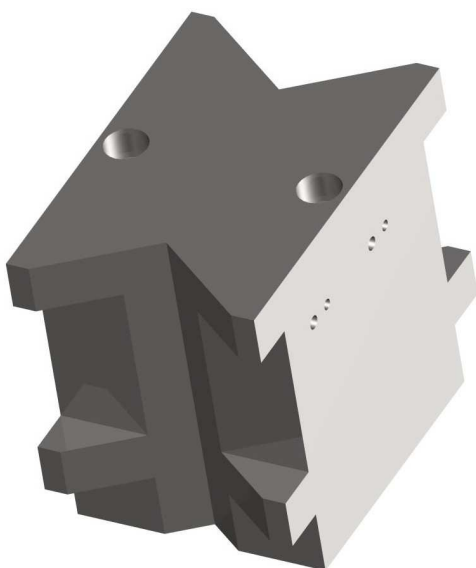


Obr. 30. Použití upínače Chick pro upínání řetězových článků v duálním provedení

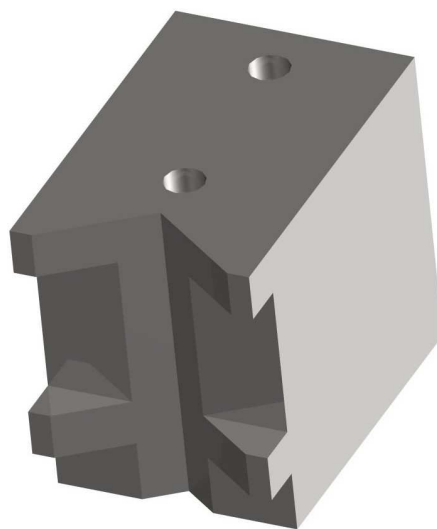
3.3.6 Konstrukce upínacích prvků pro duální upínače Chick

Tvar prizmatických čelistí, bude vycházet z tvarových čelistí na univerzálním sklíčidle. Úhel 110° se v předchozím upínači osvědčil. Oproti běžně používaným 90° prizmatům má několik výhod. Především je zde menší chyba ustavení z hlediska souososti s vnější upínací válcovou plochou. Další výhodou je kratší krok při odepínání a upínání nového obrobku. Prizma se musí rozevřít natolik, aby obrobek mohl být vyjmut a nekolidoval přitom rameny o tvarové čelisti.

Čelisti jsou zhotoveny z oceli 14220 cementovány a kaleny na 56 HRC.



Obr. 31. Pevná prizmatická čelist



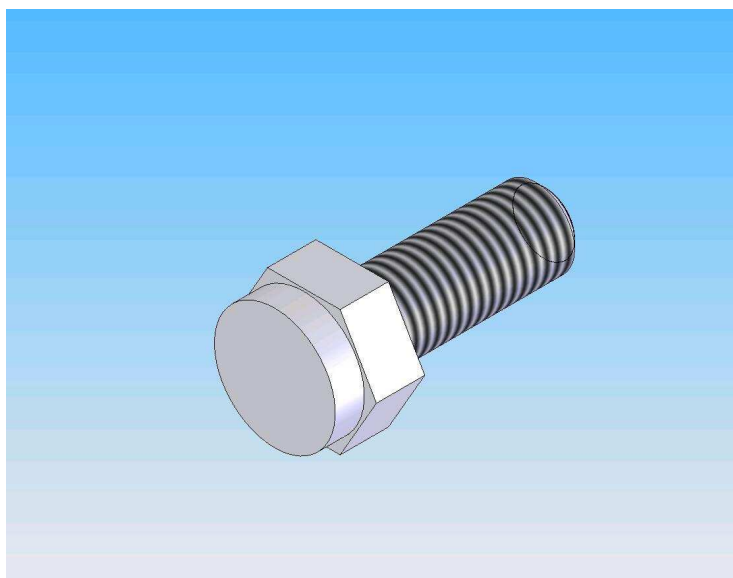
Obr. 32. Pohyblivá prizmatická čelist

Střední pevná čelist má na bocích přimontovány opěrky pro zajištění polohy obrobku ve smyslu pootočení kolem osy. Opěrky jsou zhotoveny z nástrojové oceli 19312 a kaleny na 56 HRC. Opěrky jsou s čelistí skolíkovány dvěma kolíky Ø4mm a sešroubovány dvěma šrouby M5.



Obr. 33. Opěrka

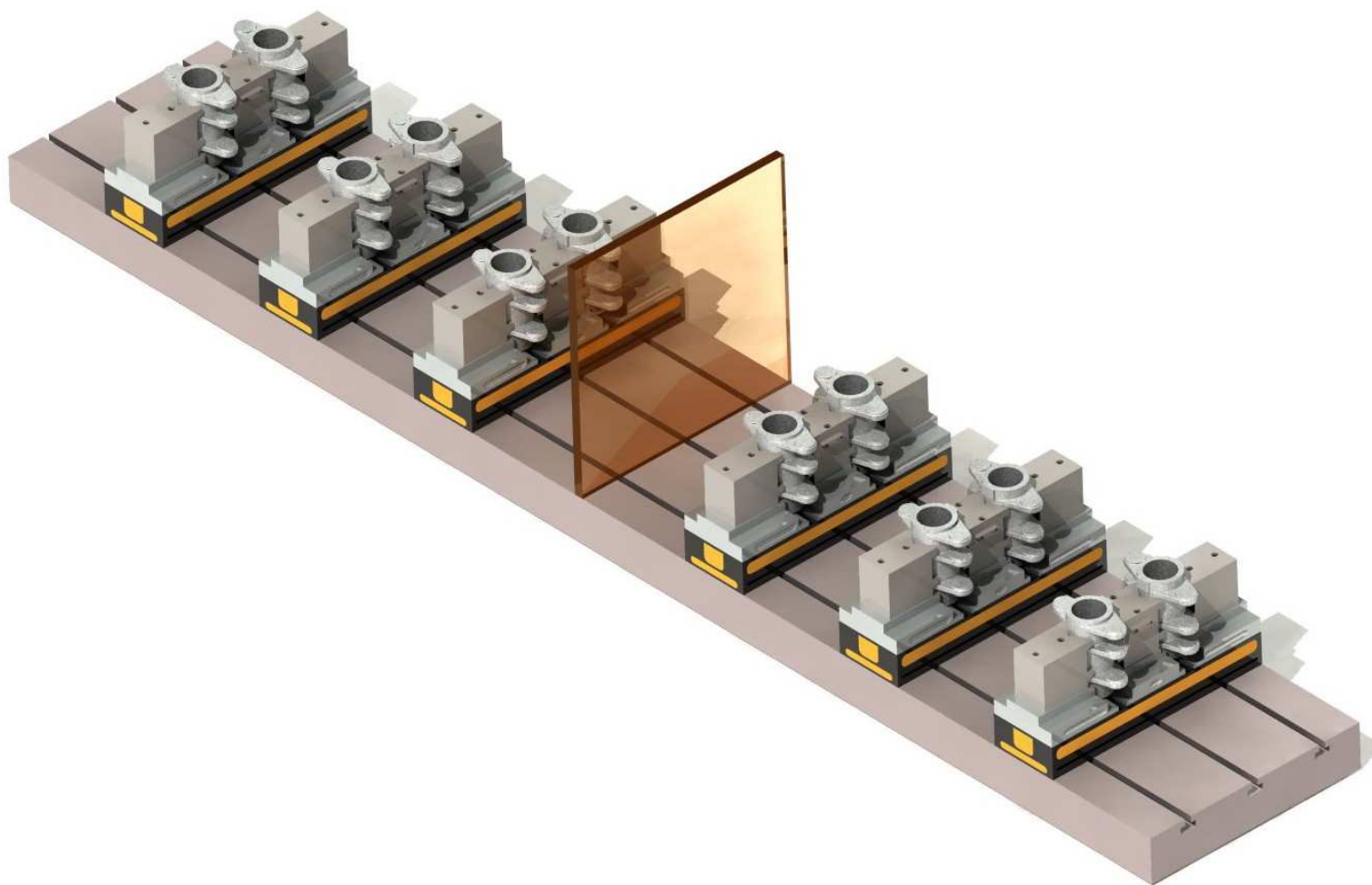
Výškový doraz je oproti původnímu šroubu s vnitřním šestihranem nahrazen kaleným čepem se šestihranem pro stranový klíč a závitem M6. Čep je zajištěn kontramaticí. Materiál čepu je ocel 19312 kalená na 56 HRC.



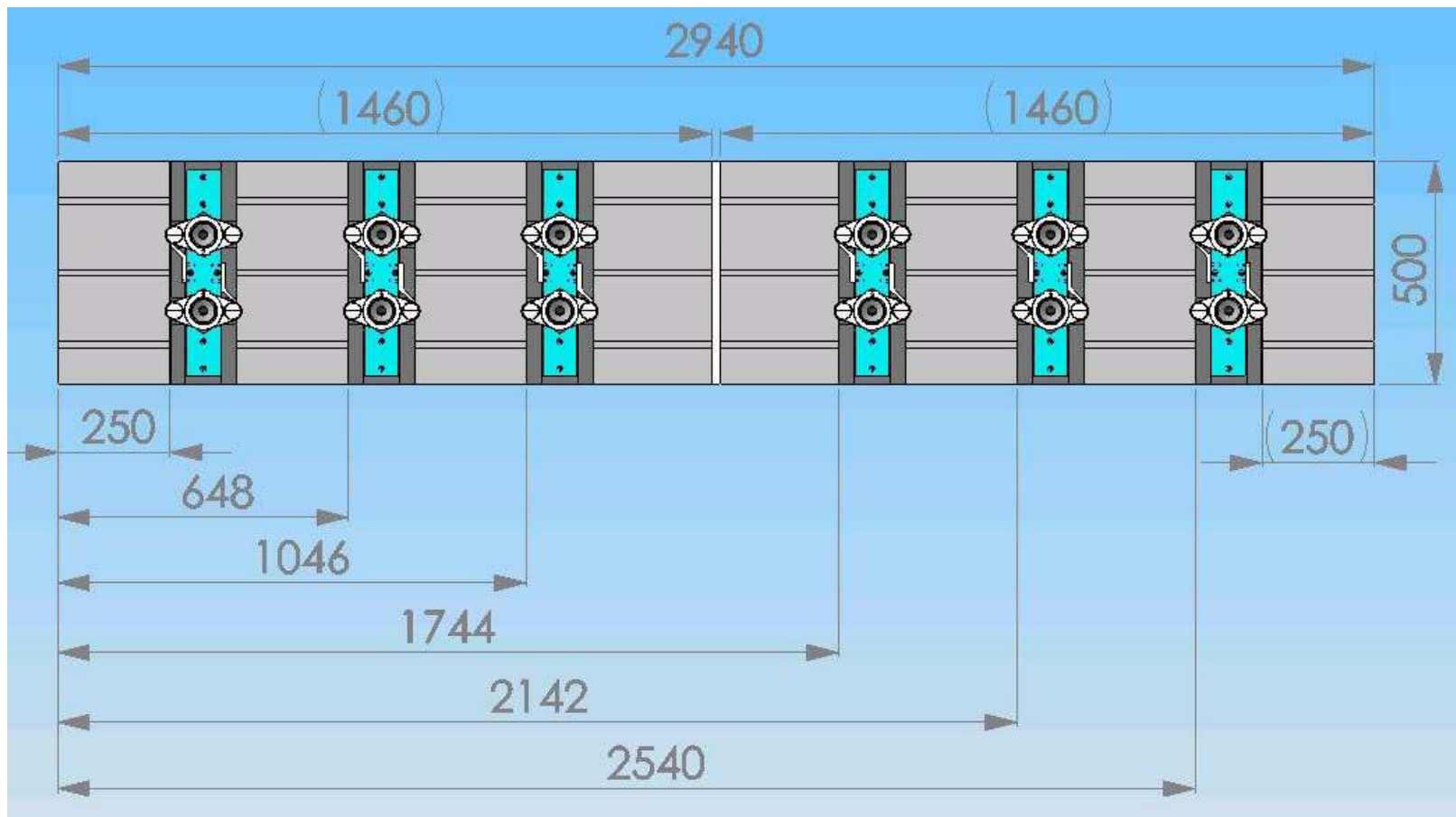
Obr. 34. Výškový doraz

3.3.7 Dispoziční uspořádání upínacích přípravků v pracovním prostoru stroje

Pro uvažovaný počet obrobků 6ks v každém z pracovních prostorů je tedy třeba použít tři svěráky Chick 1550 v každém pracovním prostoru. Pracovní prostor o délce 1460mm (X) umožňuje rozložit svěráky s rovnoměrnými mezerami (250mm), vzniká dostatek prostoru pro pohyb frézy Ø160.



Obr. 35. Rozmístění upínačů na pracovním stole stroje AXA VSC 1-M s dělicí přepážkou



Obr. 36. Rozmístění upínačů – pohled shora

3.4 Technologie obrábění řetězových článků

3.4.1 Technologický postup v první operaci

Sled operací se neliší od technologického postupu na frézovacím centru MCV 750 Quick (viz. Tab. 5), zproduktivnění spočívá v upnutí většího počtu článku článků, rychlejší výměně nástrojů, úpravě nástroje fréza Ø160 a eliminaci upínacích časů.

Tab. 9.

Technologický postup obrábění řetězových článků na stroji AXA VSC 1-M					
Číslo úseku	Typ operace	Popis	Nástroj	Čas na 6ks [s]	Čas na 1ks [s]
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Fréza Ø24	8	1,3
1	Frézování	Hrubování čela, kuželu a válcového odlehčení v dutině obrobku	Fréza Ø24	983	163,8
	Manipulace s nástroji	Založení nástroje do zásobníku	Fréza Ø25	8	1,3
	Manipulace s nástroji	Ruční založení nástroje	Zdvojená fréza Ø160	15	2,5
2	Frézování	Frézování čela článku	Zdvojená fréza Ø160	314	52,3
3	Frézování	Frézování ploch ramen článku	Zdvojená fréza Ø160	948	158,0
	Manipulace s nástroji	Ruční vyjmutí nástroje	Zdvojená fréza Ø160	20	3,3
	Manipulace s nástroji	Vyjmutí nástroje ze zásobníku	Vrták Ø27	8	1,3
4	Vrtání	Hrubování Ø27	Vrták Ø27	128	21,3
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Navrtávák 8/90	8	1,3
5	Vrtání	Navrtání pro Ø18H7 a Ø6,1, sražení hrany na Ø 69,85	Navrtávák 8/90	159	26,5
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vrták Ø6,1	8	1,3
	Vrtání	Vrtání Ø6,1	Vrták Ø6,1	99	16,5
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vrták Ø17	8	1,3
6	Vrtání	Hrubování díry Ø17	Vrták Ø17	330	55,0
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vyvrťovací hlava Ø18 na monolitní tyči	8	1,3
7	Vrtání	Vrtání Ø18H7 načisto (1.článek)	Vyvrťovací hlava Ø18 na monolitní tyči	150	25,0
8	Měření	Měření kalibrem	Vyvrťovací hlava Ø18 na monolitní tyči	11	1,8

9	Vrtání	Vrtání zbývajících děr Ø18H7	Vrtací tyč Ø18	318	53,0
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Fréza kuželová 8°17'	8	1,3
10	Frézování	Frézování kuželu načisto	Fréza kuželová 8°17'	629	104,8
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vyvrtávací hlava Ø28 na monolitní tyči	8	1,3
11	Vrtání	Vrtání díry D28 načisto	Vyvrtávací hlava Ø28 na monolitní tyči	174	29,0
12	Upínání	Výměna dílů		0	0,0

4342	724
------	-----

3.4.2 Použité nástroje

Tab. 10.

Použité nástroje pro první operaci	
Název	Popis
Fréza Ø24 R12	Kulová fréza s vyměnitelnými destičkami ze SK, délka 75mm
Fréza Ø160	Zdvojená kotoučová oboustranná fréza o průměru 160mm se speciálními břitovými destičkami s vysoce pozitivní geometrií břitu pro obrábění hliníku. Frézy jsou nasunuty na hřídeli přes rozpěrný kroužek, aby byly schopny obrábět horní i spodní plochu ramene článku v požadované toleranci zároveň. Celý nástroj je na prodlouženém držáku, aby byl schopen obrobít i nejspodnější rameno článku (viz. Kap. 3.3.1.1).
Vrták Ø27	Vrták s vyměnitelnými destičkami ze SK pro obrábění hliníku, průměr 27mm, délka 160mm
Navrtávák 8/90	Monolitní navrtávák s vrcholovým úhlem 90° a průměrem 8mm
Vrták Ø6,1	Monolitní vrták Ø6,1
Vrták Ø17	Monolitní vrták Ø17mm určený pro obrábění hliníku, délka 165mm
Vyvrtávací hlava Ø18H7	Jednobřitý nástroj s vyměnitelnou destičkou ze SK s možností precizního nastavení obráběného průměru. Hlava je připevněna na monolitní tyči, celková délka nástroje je 165mm
Kuželová fréza 8°17'	Speciální monolitní nástroj pro obrábění dutiny kužele vyrobený na požadovaný rozměr a drsnost dle výkresu
Vyvrtávací hlava Ø28	Jednobřitý nástroj s vyměnitelnou destičkou ze SK s možností precizního nastavení obráběného průměru. Hlava je připevněna na monolitní tyči, celková délka nástroje je 165mm
Kalibr 18H7	Kalibr na díru
Měřicí přípravek pro kuželovou díru ISO50	Upravený kuželový kalibr k němuž je připevněn úchylkoměr. Pomocí tohoto přípravku jsme schopni změřit kužel, souosost a kolmost kužele. Měřidlo slouží pouze k měření přímo na stroji, definitivní přeměření probíhá na 3D souřadnicovém měřicím stroji.

3.4.3 Celkový čas obrábění řetězového článku v první operaci

Čas obrábění a upínání v první operaci na jeden článek je 12 min 5 sec. Vzhledem k použití vhodnějších upínačů zkrátíme čas na seřízení první operace z původních 300 min na 120 min pro všech šest svěráků. Pro sérii 600 ks se tedy celkový čas navýší o 12 sec na konečných **12 min 17 sec**.

3.4.4 Technologický postup v druhé operaci

Tab. 11.

Technologický postup obrábění řetězových článků na stroji MCV1000				
Číslo úseku	Typ operace	Popis	Nástroj	Čas na 1ks [s]
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Frézovací hlava Ø52	10
1	Frézování	Frézování paty zubu, čela Ø52	Frézovací hlava Ø52	47
	Polohování čtvrté osy	Otočení obrobku o 180°		12
2	Frézování	Frézování paty zubu	Frézovací hlava Ø52	47
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vrták Ø4,2	10
4	Vrtání	Vrtání Ø4,2 pro M5, hl.18	Vrták Ø4,2	9
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Závitník M5	10
5	Řezání závitu	Řezání závitu M5, hl.11	Závitník M5	8
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Vrták Ø7,8	10
6	Vrtání	Vrtání Ø7,8 a Ø16H7	Sdružený vrták Ø7,8 a záhlubník Ø15,8	15
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Sdružený výstružník Ø8H7 a Ø16H7	10
7	Vystružování	Vystružování Ø8H7 a Ø16H7	Sdružený výstružník Ø8H7 a Ø16H7	35
	Polohování čtvrté osy	Otočení obrobku o 180°		12
	Manipulace s nástroji	Výměna nástroje	Fréza Ø12	10
8	Frézování	Frézování zahloubění Ø12, hl. 10	Fréza Ø12	11
9	Upínání	Výměna dílu		90

3.4.5 Použité nástroje

Tab. 12.

Použité nástroje pro druhou operaci	
Název	Popis
Frézovací hlava Ø52	Frézovací hlava Ø52mm s vyměnitelnými destičkami ze SK určené k obrábění hliníku, výška 60mm
Navrtávák 8/90	Monolitní navrtávák s vrcholovým úhlem 90° a průměrem 8mm
Závitník M5	Tvářecí závitník M5 na Al slitiny
Sdružený vrták Ø7,8 a záhlubník Ø15,8	Speciální monolitní sdružený nástroj vyrobený pouze pro tento účel. Nástroj sdružuje monolitní vrták Ø7,8 a záhlubník Ø15,8
Sdružený výstružník Ø8H7 a Ø16H7	Speciální monolitní sdružený nástroj vyrobený pouze pro tento účel. Nástroj sdružuje monolitní dva monolitní výstružníky pro otvory Ø8H7 a Ø16H7
Fréza Ø12	Monolitní válcová čelní fréza Ø12

3.4.6 Celkový čas obrábění řetězového článku ve druhé operaci

Pro druhou operaci je kusový čas obrábění a upínání 5 min 46 sec. Dávkový čas seřízení pro druhou operaci je 120 min, po sérii čítající 600 ks tedy celkový čas pro druhou operaci **5 min 58 sec**.

3.4.7 Celkový čas obrábění řetězového článku

Celkový čas obrábění řetězového článku včetně upínání je **18 min 15 sec**.

4 Ekonomické porovnání nového návrhu se stávajícím řešením

4.1 Časové úspory

Použitím stroje s duopracovištěm jsem pro první operaci dosáhl naprostou eliminaci upínacích časů, která dosahuje **40 sec/ks**. Další uspořený čas je skryt v rychlejší výměně nástrojů než na původním pracovišti. Rozdíl časů pro výměnu nástrojů přepočítaný na jeden kus je asi **2,5 sec**.

Úpravou a návrhem nástrojů jsem dosáhl zkrácení obráběcích časů v obou prováděných operacích.

V první operaci jsem konstrukční úpravou nástroje fréza Ø160 na dvojnásobnou zkrátil nejdelší čas obrábění na poloviční. Kusová časová úspora je **2 min 38 sec**.

Ve druhé operaci je největší časová úspora v použití speciálních sdružených nástrojů vyrobených pouze pro tuto činnost. Celkový uspořený kusový čas je **1 min 14 sec**.

Výběrem upínacích systémů Chick jsem zkrátil především čas pro seřízení při startu nové série. Dávkový čas seřízení jsem zkrátil o 180min. Při nejčastější sérii 600ks tedy můžeme počítat s časovou úsporou **18sec/ks**.

Proti původnímu řešení jsem dosáhl zlepšení z **23 min 30 sec/ks** na **18 min 15 sec/ks**. Tedy časová úspora o **22,5 %**.

Tab.13.

Přehled časových úspor	
Příčina	Uspořený kusový čas [sec]
Stroj s duopracovištěm	42,5
Úprava nástroje fréza Ø160	158
Absence navrtávačky	15
Tvářecí závitník M5	4
Sdružený vrták a záhlubník	20
Sdružený výstružník	35
Příčina	Uspořený dávkový čas [min]
Upínače Chick	180

4.2 Ekonomické vyhodnocení

V ekonomickém vyhodnocení nebudu uvažovat náklady na nový stroj a použité upínače, jelikož stroj a upínače by bylo nutné pořídit i v případě, že by se neuvažovalo o optimalizaci výroby článku řetězu. Stroj byl vybrán především z důvodu potřeby navýšení výrobních kapacit s přihlédnutím na zefektivnění obrábění stávajícího sortimentu výroby. Budu se zabývat pouze náklady, spojenými přímo pouze jen s optimalizací výroby článků. Těmito jsou náklady na speciální nástroje a na úpravy stávajících nástrojů.

Tab. 14.

Finanční náklady na stávající nástroje [Kč]	
Fréza Ø160	39700
Závitník M5	380
Fréza Ø14	1560
Vrták Ø7,8	920
Výstružník Ø8H7	370
Vyvrtávací hlava Ø16H7	25300
Tvarové čelisti a úprava upínačů	13500
Celkové náklady	81730

Tab. 15.

Finanční náklady na nové nástroje [Kč]	
Fréza Ø160	76200
Tvářecí závitník M5	1140
Sdružený vrták a záhlubník	13800
Sdružený výstružník	18200
Tvarové čelisti a úprava upínačů	27000
Celkové náklady	136340

Finanční náklady na výrobu řetězového článku při stávajícím způsobu řešení jsou 235 Kč/ks. Po optimalizaci jsou náklady na výrobu řetězového článku 191 Kč. Úspora na jednom článku je tedy 44 Kč. Z toho vyplývá, že náklady na úpravu a pořízení nových nástrojů (54.610 Kč) mají návratnost po obrobení 1242 ks článků.

Při uvažování stejného ročního objemu dávek 6500 ks/rok bude v dalších letech roční úspora **286.000 Kč**.

4.3 Závěr

V diplomové práci jsem se zabýval zproduktivněním výroby řetězových článků do nástrojových zásobníků obráběcích strojů ve firmě KOVO Děčín spol. s r.o.. Práci lze rozdělit do tří oblastí: výběru nového pracoviště, optimalizaci nástrojů a návrhu upínání.

Jako nové pracoviště jsem zvolil frézovací centrum s duopracovištěm AXA VSC 1-M. Využití stroje pro výrobu řetězových článků při třísměnném provozu je 25 %, proto jsem volil stroj jednak s ohledem na vysokou produktivitu obrábění a minimalizaci upínacích časů, tak s ohledem na co největší univerzálnost.

Časové úspory získané úpravami a návrhem nástrojů tvoří **22,5 %** původního celkového času potřebného pro výrobu řetězového článku, což i přes relativně vysoké náklady přináší značnou finanční úsporu.

Pro nové pracoviště bylo třeba zvolit vhodné upínání. Upínač jsem volil jednak s ohledem na výrobu řetězového článku, tak další sortiment dílů vyráběných ve společnosti KOVO Děčín spol. s r.o.. Upínač je vzhledem ke své univerzálnosti a možnosti rychlého přestavení vhodný jak pro typ práce sériovějšího charakteru, tak pro práci malosériovou a kusovou s minimalizací časů potřebných pro přeseřízení na jiný druh práce.

Cílem práce je racionalizace výroby řetězového článku za účelem zvýšení zisku. Finanční náklady spojené s racionalizací jsou vyčísleny na **136.340 Kč**. Roční úspora při stejném objemu dávek jako v roce 2008 činí **286.000 Kč**.

Jsem rád, že jsem měl možnost zpracovat diplomovou práci ve společnosti KOVO Děčín spol. s r.o., jelikož se jedná o praktickou úlohu a nabídnutá řešení jsou brána vedením společnosti v úvahu. V současné době (3.ledna 2008) již proběhl nákup frézovacího centra a úprava nástroje fréza Ø160 včetně odzkoušení. Rovněž jsou objednány 2 kusy navrhnutých upínačů a pokud se jejich funkce osvědčí, dojde obratem k objednání zbývajících čtyř.

Práce má přínos nejen ekonomický, ale také rozšiřuje nabídku společnosti svým zákazníkům. A to jednak v oblasti prací sériovějšího charakteru, tak v obrábění extrémně dlouhých dílů a vede k dalšímu upevnění společnosti KOVO Děčín spol. s r.o. na trhu.

Použitá literatura:

ZELENKA, A., KRÁL, M. *Projektování výrobních systémů*. Praha: ČVUT, 1995.

CHVÁLA, B., VOTAVA, J. *Přípravky*. Praha: SNTL, 1988.

CHVÁLA, B., VOTAVA, J. *Přípravky a podávací zařízení*. Praha: ČVUT, 1980.

POLÁK, V., *Obrábění rozváděcích kostek. [Diplomová práce]*. Liberec: TU Liberec, 2005.

Přílohy:

Příloha A – výkresová dokumentace